

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500950

研究課題名（和文） VR実験室を共有する初等力学の体験型協調学習支援システム

研究課題名（英文） Experience Oriented CSCL System based on VR Space Laboratory

研究代表者

松原 行宏（MATSUBARA YUKIHIRO）

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：30219472

研究成果の概要（和文）： VR技術を用いて複数の学習者が同時に、実際に「体験する」ことが可能な協調学習環境の開発を目的とした。その結果、1) 2人の学習者がオブジェクトを同時に操作する方法、2) 3人の学習者がオブジェクトを同時に操作する方法、3) 2人の学習者がオブジェクトを交互に操作する方法での、3つのCSCLでのVR実験室のプロトタイプシステムが完成した。評価実験を通じて各タイプのシステムの特徴について明らかにした。

研究成果の概要（英文）： In this study, we focused on the “learner’s experiences in the real world” and developed the framework of the experience-oriented CSCL System which are consisted of several VR space laboratory. These are 1) the system for two learners to operate the object at the same time, 2) the system for three or more learners to operate the object at the same time, and 3) the system for two learners to operate the object one after the other. Through the practical study and experiment, we evaluated those systems and summarized the characteristics of the each system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：教育工学，人工知能，バーチャルリアリティ，反力デバイス，インタフェース

1. 研究開始当初の背景

従来から、物理や化学などの科目において実験は重要であり、これをサポートするシミュレーション型のCAIやITS（Intelligent Tutoring System）が開発されてきた。J.S.Brownらは、電気回路での回路の振る舞いを学ぶシミュレータを開発しており、1970年代の早い段階から、実験を体験させるシステムの重要性が指摘されている。また、平嶋らは、自らの仮説に基づいて実験する環境の

重要性を主張しており、たとえ誤った仮説でもそれを体験させる事により誤りに気づかせること（EBL: Error Based Learning）の効用を示している。一方、コンピュータやCGの処理技術の向上、ネットワーク技術の発展に伴い、バーチャルリアリティ技術（VR技術）が発展し、仮想現実環境や、拡張現実環境の構築が可能になりつつある。現実環境に近いコンピュータ上の環境の中で、様々な体験ができるようになり、これを実験環境

として用いる事で、学習支援が行えることが期待されている。杉本は、バーチャルリアリティ技術を用いることによる、学習の場面での体験の増幅の可能性を示唆している。また、緒方らは、RFID タグや小型情報携帯端末を用いて、フィールドでの情報収集活動を補助し、学習を支援する手法を検討している。一方、原田らは、バーチャルリアリティ技術の中でも力覚に着目し、学習支援への応用を試みている。このように、臨場感、没入感、操作感を意識した、シミュレーション型システムの開発が盛んに行われてきている。

2. 研究の目的

このように学習支援の分野において「体験する」というキーワードが重要になってきている。学習活動は、本来、教材の内容からテキストや数式、図表の資料を見て、その内容を理解し抽象化・一般化して記憶していく過程である。一方、物理現象や社会現象を学ぶ場合、現実事象からの観察を通して学ぶ教材も少なくない。これらの場合、記号化された教材（情報）を読んで解釈し学習する事と同時に、実際に実験や観察を行うことで理解を深めることも重要である。そこで、実際の現象を体験させて、学習を支援するというところに、改めて注目が集まっている。一方、グループで「体験する」する学習、即ち協調学習の効果も重要である事が指摘されている。

そこで、本研究課題では、VR技術を用いて、複数の学習者が同時に、実際に「体験する」ことが可能な学習環境の構築、および開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究課題では、前述した研究目的を達成するため、以下の項目を重点的に検討・開発した。

(1) 平成 21 年度： 一人の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境のプロトタイプ設計（開発済み）、および複数の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境の共有方法（2 人の学習者がオブジェクトを同時に操作する方法）

一人の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境のプロトタイプ設計は平成 20 年度までの研究で実現した。その知見を基に、平成 21 年度は、複数の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境の共有方法を検討する。まず対象教材として「てこ」を用いた初等力学の題材に注目し、2 人で「てこ」に対して様々な力をかけることができる環境を構築する。その環境を用いて、学習者らは力のつり合いの分野に対して、体験を通じた、仮説の設定、実験による検証、法則性の発見などの方法を習得することを目指す。

(2) 平成 22 年度： 複数の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境の共有方法（3 人の学習者がオブジェクトを同時に操作する方法）

平成 21 年度に作成したプロトタイプシステムは 2 人で仮想環境を共有するものであったが、平成 22 年度では、これを 3 人以上の学習者で共有できるように拡張する。

(3) 平成 23 年度： 複数の学習者がオブジェクトを交互に操作する方法、および評価実験を通じた、複数の学習者が体験を通して学ぶ事の定量的評価

平成 23 年度では、オブジェクト操作方法来に工夫を加え、オブジェクトを同時に操作して学習するタイプから、交互に操作して学習するタイプのものへとシステムを拡張する。これにより、協調学習時におけるオブジェクト操作方法による学習プロセスの差や、学習者の役割の割り当てやその変化等を考察し、より適切な教授戦略を検討する。また上記のプロトタイプシステムを用いた実践を行って定量的な評価を行い、各タイプの利点や欠点を把握し、システムの特徴を明確にする。

4. 研究成果

(1) 平成 21 年度： 一人の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境のプロトタイプ設計（開発済み）、および複数の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境の共有方法（2 人の学習者がオブジェクトを同時に操作する方法）

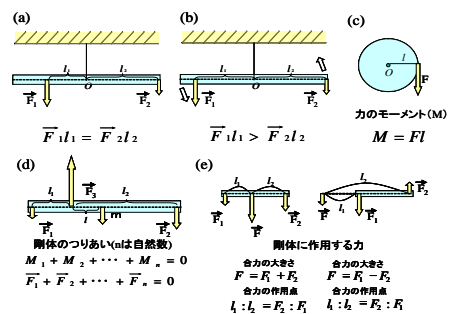


図 1 学習対象に関する知識

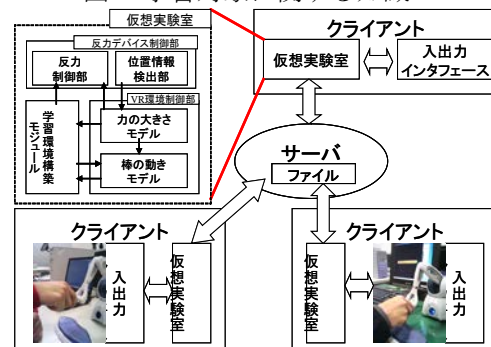


図 2 システムの基本構成

具体的には図1に示す力のつり合いの公式を対象教材として考え、複数の学習者らは操作とそれに伴う状態変化の因果関係を理解し、振る舞いと因果関係に内在する規則を発見的に学習させることを検討した。

対象者として、未修学習者、初修学習者、既修学習者全てを想定した。未修学習者には物理に対して興味を持ってもらいながら体験を行わせることを期待した。初修学習者には、学習シナリオにそった実験の実施を期待した。既修学習者には、新たな体験を提供することが可能となると想定した。

システムの基本設計として図2の枠組みを構築した。2人の学習者は、各々仮想実験室を持ち、それぞれ自由に操作できるようにしている。仮想実験室を実現するため、学習環境構築モジュール、VR環境制御部、反力デバイス制御部の3つのモジュールを設定した。

・学習環境構築モジュール

本モジュールでは、学習者からのキーボードの入力操作による力点の移動①と、VR環境制御部で計算された力の大きさ②、棒の動き③、また他の学習者の入力情報④をもとに学習環境を構築し、学習者へ提示する(図3)。

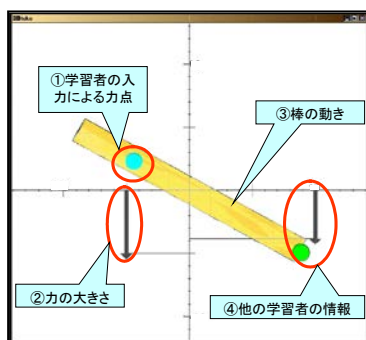


図3 実行例(棒: 2人の学習者, 同時操作)

・VR環境制御部

本モジュールでは学習環境構築モジュール、反力デバイス制御部から受け取ったデータに対して学習環境構築モジュールに渡す力の大きさや棒の動き、反力デバイス制御部に渡すための反力の大きさに関する情報を計算する。本モジュールでは、力の大きさモデルと棒の動きモデルをもたせた。力の大きさモデルは学習者の力の大きさを計算し、棒の動きモデルは学習者がかけた力の大きさによって棒がどのような動きをするかを計算するものである。学習者がかけた力の大きさについては、学習者のスタイラスを押し始めた直後と押し続けている間の位置情報を受け取り、その差を用いて計算した。

・反力デバイス制御部

本モジュールでは、力をかける際に必要な

反力デバイスの位置情報を取得し、VR環境制御部から受け取ったデータをもとに反力デバイスに反力を与える機能をもつ。この制御により、学習者はこれに対して力をかけ、相手に力を伝えることや他の学習者のかけた力を感じる事が可能になる。本モジュールは位置情報検出部と反力制御部からなる。位置情報検出部で反力デバイスのスタイラスの位置情報を取得し、反力制御部で反力デバイスにかかる反力を計算し制御する。

(2) 平成22年度: 複数の学習者による、反力デバイスを用いた仮想実験環境の共有方法(3人の学習者がオブジェクトを同時に操作する方法)

対象教材として、図4に示す盤面を用いた初等力学の題材を設定し、3人で盤面に対して様々な位置で力をかけることができる環境を構築した。このシステムにより3人以上の学習者らが力のつり合いの分野に関して、体験を通じた仮説の設定、実験による検証、法則の発見などの方法で知識を習得ための実験環境が完成した。

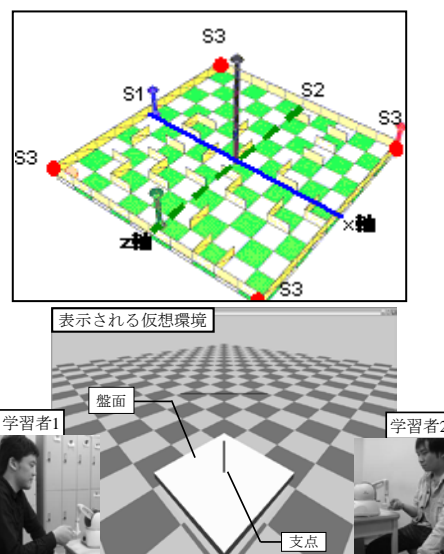


図4 実行例(盤面: 3人の学習者, 同時操作)

(3) 平成23年度: 複数の学習者がオブジェクトを交互に操作する方法、および評価実験を通じた、複数の学習者が体験を通して学ぶ事の定量的評価

ボールのようなオブジェクトのキャッチボールを題材として考え、投げる行為を行う学習者と、受ける行為を行う学習者とを想定した。2人の学習者はそれぞれ役割が異なり、また役割が入れ替わる事により、学習プロセスが進む事を目指した。構築したシステムの実行例を図5に示す。

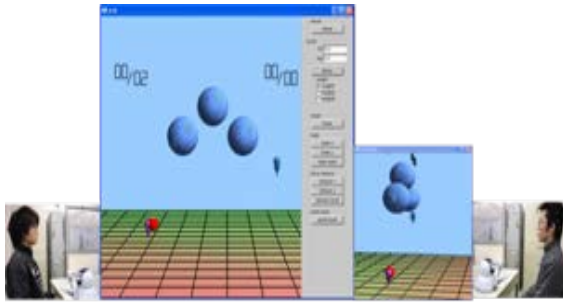


図5 実行例 (2人の学習者, 交互に操作)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

1. 神邊篤史, 永井竜馬, 松原行宏: 仮想触感提示が可能な感性工学システムの設計と触感提示による感性への影響の検討, 日本感性工学会論文誌, Vol.11, No.2, pp. 215-222, 査読有, 2012.
2. T.Kawasaki, N.Iwane, Y.Matsubara : Development of a VR-based Astronomy Learning Environment using Intuitive Manipulation and Switching of the View corresponding to User's Body Movement, Educ. Technol. Res, Vol.34, No. suppl, pp. 173-180, 査読有, 2011.
3. T.Matsubara, S.Ishihara, Y.Matsubara : Kansei Analysis of the Japanese Residential Garden and Development of a Low-Cost Virtual Reality Kansei Engineering System for Gardens, Advances in Human-Computer Interaction, Vol.2011, DOI 10.1155/2011/295074, pp. 1-12, 査読有, 2011.
4. 上藤恭久, 岡本勝, 松原行宏: 上感性評価のための表面形状に着目した仮想触感提示手法, 日本感性工学会論文誌, Vol.10, No.1, pp. 1-9, 査読有, 2010.
5. 川崎亨, 岩根典之, 松原行宏: 身体動作に連動した直感的な視線操作と視点切り替えが可能な仮想天体学習環境の構築, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.3, pp. 153-160, 査読有, 2010.
6. 館山真行, 松原行宏: 学習者間で役割交代と体験共有が可能な協調型学習支援システムの開発, 教育システム情報学会誌, Vol.27, No.2, pp. 164-173, 査読有, 2010.
7. 小西達裕, 松原行宏: 学習支援システムにおけるインタラクションのデザイン, 人工知能学会誌, Vol.25, No.2, pp. 276-282, 査読有, 2010.

8. 松原達郎, 松原行宏, 石原茂和: Virtual Prototyping with Real-Time Rendering for Kansei Engineering of Leather Grain Patterns on Car Dashboard Panels, 日本感性工学会論文誌, Vol.9, No.2, pp. 119-128, 査読有, 2010.
9. 神邊篤史, 永井久美, 松原行宏: 上肢の大きな動作の訓練を目指したVR型運動学習支援システムの開発, 日本教育工学会論文誌, Vol.33, No.12, pp. 143-150, 査読有, 2009.

[学会発表] (計3件)

1. A.Kambe, Y.Matsubara: Consideration of the Training Possibility of Upper Extremity in the VR-based Throwing Environment by Physically Challenged Persons, Proceedings of the 2011 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE 2011), 2011.09.20 (Takamatsu, Japan).
2. N.Tanimura, Y.Matsubara: Experiences-based collaborative learning support system sharing virtual laboratory for the balance of forces, Proceedings of the Tenth International Conference on Industrial Management (ICIM2010), 2010.09.17 (Beijing, China).
3. A.Kambe, K.Nagai, Y.Matsubara: Development of a VR-based Motor Learning Support System for Large Motion of Upper Extremity, Proceedings of the 17th International Conference on Computer in Education (ICCE2009), 2009.12.04 (Hong Kong).

[図書] (計1件)

1. M.Nagamachi, Y.Matsubara : Kansei/Affective Engineering, CRC Press (Taylor & Francis Group), 320 pages, 2010.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等: なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松原 行宏 (MATSUBARA YUKIHIRO)

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号: 30219472

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者: なし